

Optimale Verdichterantriebe

Vorteile durch Frequenzstellung und Softstart

Ulrich Adolph, Leipzig

Nach der umfassenden und überzeugenden Präsentation der Vorteile modern regelbarer Verdichterantriebe auf der IKK 1998 hat sich diese Thematik seitdem weiter konsolidiert und stellt mehr und mehr den aktuellen Stand der Technik dar. Daß dabei Vorteile für den Betreiber der Kälte- oder Klimaanlage herauspringen können, ist allgemein anerkannt. Daß man dabei aber mehr beachten muß, als nur richtig zu programmieren, wurde anläßlich zweier interessanter Vorträge zu dieser Thematik deutlich.

Über das Modulsystem zur einfachen Installation von drehzahlgeregelten Verdichtern sprach Dipl.-Ing. Michael Trauer von Erba Kälte in Bremerhaven anläßlich der kältetechnischen Ausstellungstagung und dann noch einmal beim DKV-Bezirksverein in Dresden. Die neue Generation der VSB-Klima-Start-Geräte wurde von Theodor Pauli anläßlich des im Heft 8 der KK gewürdigten HKT-Verdichter-Mittwochs am 23. 6. 99 in Halfing vorgestellt. Beide Lösungen sprechen hinsichtlich ihrer Möglichkeiten für sich, aber sie finden gelegentlich in der kältetechnischen Praxis auch zusammen und ergänzen sich.

Die Energieeinsparung ist das Hauptanliegen der Frequenzstellantriebe. Der dabei erzielte Effekt ist um so größer, je geringer die jährliche Vollaststundenzahl einer Anlage ist. Damit ergibt sich die Hauptanwendung solcher Antriebe in der Klimatechnik, aber auch andere kältetechnische Anwendungsfälle mit Lastschwankungen unterliegen diesen Bedingungen.

Die Softstartgeräte sorgen für einen drehmoment- und anlaufstromreduzierten Anlauf des Verdichters und verlängern damit die Lebensdauer des Motors und bei richtiger Anwendung auch die des Verdichters.

Der Effekt des Frequenzstellantriebes, der auch die softstartmöglichkeit bietet, wird beim Vergleich der verschiedenen üblichen Möglichkeiten der Leistungsanpassung deutlich sichtbar.

● Beim EIN-AUS-Betrieb, der vor allem bei kleinen Verdichtern angewendet wird, benötigt man zwar in der Stillstandszeit gar keine Antriebsleistung, aber während der Laufperiode muß man fast die Leistung des Vollastdauerbetriebes aufbringen. Damit ergibt sich im Durchschnitt ein

zum Autor

Dr.-Ing. Ulrich Adolph,
Entwicklungs-
berater Kälte-
und Klima-
technik, Leipzig



günstiges Verhältnis von Kälteleistung zu Antriebsleistung, so daß sich für diesen Anwendungsfall wegen des geringen Einsparpotentials kaum ein Frequenzumrichter bezahlt macht.

● Ähnlich sieht es bei Zylinderabschaltung oder Polumschaltung aus. Bei diesen Verfahren der Leistungsanpassung muß man jedoch mit dem nichtkontinuierlichen Leistungsangebot zufrieden sein. Natürlich hat man dabei keinen Leistungsvorteil

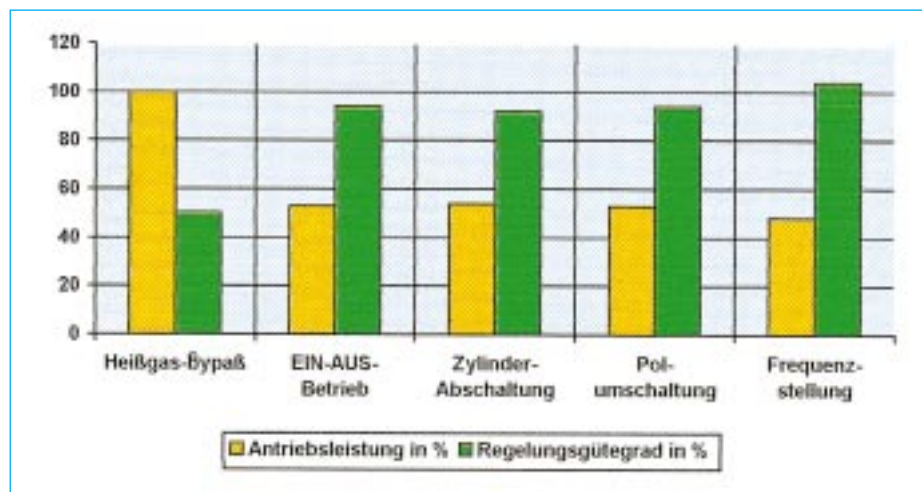


Bild 1 Energetische Bewertung üblicher Leistungsregelungsverfahren bei 50 % Leistungsreduzierung

durch gleichmäßige Verteilung des momentanen Leistungsbedarfes auf die Wärmeübertrager und man muß auch die Antriebsbelastung durch die Schalthäufigkeit in Kauf nehmen.

● Falls man eine hohe Regelgüte mit kontinuierlicher Leistungsanpassung benötigt, wurde bisher vorwiegend der betriebstechnisch einfache und zuverlässige Heißgasbypass gewählt. Dabei bezahlt man die regelungstechnischen Vorteile mit nahezu gleichbleibender Antriebsleistung über die gesamte Betriebszeit. Die Temperaturdifferenzen an Verdampfer und Verflüssiger ändern sich ebenfalls nicht, so daß auch der leistungsbestimmende Betriebszustand unverändert beibehalten wird. Man muß dabei für klimatechnische Konditionen ohne Speichereffekte im Verlauf eines Betriebsjahres bis zu 75 % der Antriebsleistung ohne dafür gebotene Nutzkälteleistung aufwenden.

Bei Splitanlagen unterliegt diese Art der Regelung betriebstechnischen Schwierigkeiten wegen der räumlichen Entfernung von Heißgasanschluß und Verdampfereintritt, so daß dabei manchmal auf direkte Rückführung des Heißgases zur Saugseite

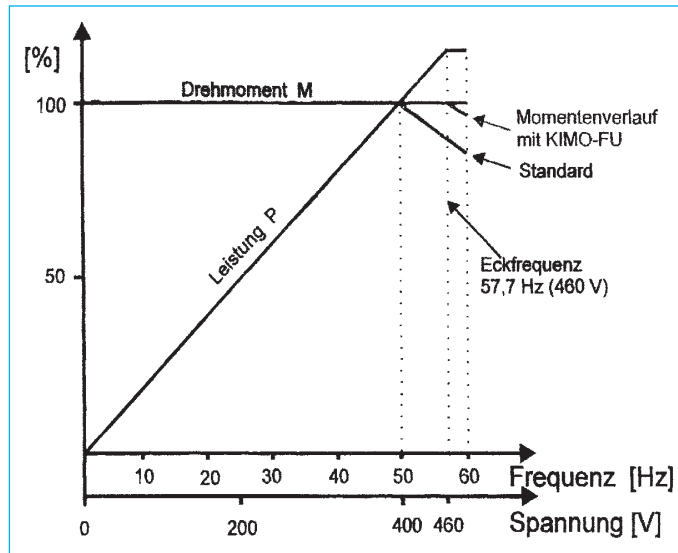


Bild 2 Leistungs- und Momentenverlauf des KIMO-Frequenzumrichters

des Verdichters zurückgegriffen wird. Das erfordert aber die zusätzliche Installation eines thermostatischen Nachspritzventils, ggf. mit Magnetventil und Rückschlagventil kombiniert.

Der frequenzgeregelte Verdichterantrieb kombiniert die Vorteile der ge-

nannten Verfahren in idealer Weise und vermeidet deren Nachteile, indem eine kontinuierliche Betriebsweise bei gleichzeitig abgesenkter Antriebsleistung verwirklicht wird. Dabei reduziert sich die Antriebsleistung stärker als die Kälteleistung, weil sich bei gleichbleibenden Wär-

meübertragerflächen an Verdampfer und Verflüssiger geringere Temperaturdifferenzen einstellen, die das Druckverhältnis am Verdichter verringern und damit die spezifische Kälteleistungszahl COP verbessern.

Im Bild 1 sind die energetischen Verhältnisse bei einem Kälteleistungsbedarf von 50 % dargestellt. Jeweils die erste Säule zeigt den notwendigen Antriebsleistungsbedarf während der Laufzeit des Verdichters und die zweite Säule das Verhältnis von relativer Kälte- und Antriebsleistung, sozusagen auch das COP-Verhältnis von Teillast- zu Vollastbetrieb. Mit dem reduzierten Energieverbrauch allein ließe sich allerdings im betrachteten Leistungsbereich der Vorzug des Frequenzstellantriebes nicht erklären, aber die zusätzlichen Effekte und Optionen unterstützen die Argumentation dafür sehr überzeugend.

Hermetikverdichter z. B. lassen keine Zylinderabschaltung zu, und polumschaltbare Antriebe sind teurer und gestatten auch wieder nur eine gestufte Leistungsanpassung. Bei Reduzierungen, die bei Polumschaltung nicht gerade 50 % oder bei

hervorzuheben, wodurch deren Lebensdauer positiv beeinflusst werden kann. Es ist ja bekannt, daß viele Verdichterschäden nicht wegen zu langer Betriebszeit passieren, sondern wegen zu geringer und den damit verbundenen Problemen der Schalthäufigkeit, der Kältemittellösung im Öl oder der zusätzlichen Temperaturbelastung durch Teillastbetrieb.

Weitere günstige Ergebnisse sind mit dem frequenzgeregelten Antriebskonzept zu erreichen. So wird z. B. die Möglichkeit geschaffen, durch Frequenzanhebung auf 60 Hz in 50 Hz-Netzen die Kälteleistung für alle die Verdichter um ca. 20 % anzuheben, die ohnehin für den 60 Hz-Betrieb zugelassen sind. Und das sind ja mittlerweile fast alle am Markt verfügbaren Typen. Damit kann manche Spitze des Leistungsbedarfes abgedeckt werden, ohne daß man für nur wenige Betriebsstunden im Jahr den nächstgrößeren Verdichter verwenden muß. Mit diesem Vorteil kann man oft schon einen Teil der Mehrkosten des Frequenzumrichters ausgleichen. Der Wegfall weiterer Komponenten zur Verwirklichung der schon genannten traditionellen Leistungsregelungsverfahren trägt ein

auch vom niedrigeren Geräuschpegel des Verdichters. Sollte ein Antrieb für bestimmte Drehzahlen gesperrt sein, z. B. aus Schwingungsgründen, lassen sich diese Drehzahlen aus dem Regelbereich ausblenden.

Im blauen Kasten sind die Optionen der cpc®-Software zusammengefaßt dargestellt.



Bild 3 Dipl.-Ing. M. Trauer zeigt die Einbindung des KIMO-Frequenzumrichters (blaues Gehäuse im Schaltschrank) in die Anlagensteuerung

Möglichkeiten der cpc®-Software

- Möglichkeiten der cpc®-Software**
- **Frei verknüpfbare Funktionsblöcke**
 - > 6 verschiedene Regelprogramme in der Basissoftware bereits enthalten
 - > Aktivierung dieser Programme durch einfaches Beschalten digitaler Eingänge
 - **Flexibelste Sollwertvorgabe**
 - > Sollwertvorgabe über 2 umschaltbare Festsollwerte (z.B. Nachtabsenkung)
 - > Sollwertvorgabe über variablen Analogeingang
 - > Lokalbetrieb zur Inbetriebnahme und zum Füllen
 - **Meldung „Betrieb“ nach Verdichterhochlaufen**
 - > Ansteuerung Öltruckschalter und Ölumpfheizung
 - > Freigabe Verflüssigerlüfter
 - **Einstellbare Wiedereinschaltverzögerung**
 - > wirksamer und notwendiger Verdichterschutz
 - **Komfortable Menüanzeige**
 - > kältemittelbezogene Verdampfungstemperatur in °C
 - > Ausgangsfrequenz
 - > Regelabweichung des Umrichters
 - **Spernfrequenz zur Resonanzunterdrückung**
 - > frei wählbare Ausblendfrequenzen

Zylinderabschaltung dem Prozentsatz entsprechend einer Abschaltstufe betragen, ergeben sich natürlich durch die notwendige Überlagerung mit einem anderen Verfahren oder durch die auftretenden Schwankungen zwischen den Schaltstufen noch ungünstigere Bewertungen als nach Bild 1.

Als weiterer Vorteil der kontinuierlichen Leistungsanpassung ist die Reduzierung der Schalthäufigkeit der Verdichter

übriges dazu bei. Dabei erweist sich gegenüber der sonst üblichen Ausführung beim Erba-Frequenzumrichter als vorteilhaft, daß das Drehmoment bis 57,7 Hz unverändert bereitgestellt wird, so daß man auch für Überlast nicht das nächstgrößere Gerät benötigt, s. Bild 2.

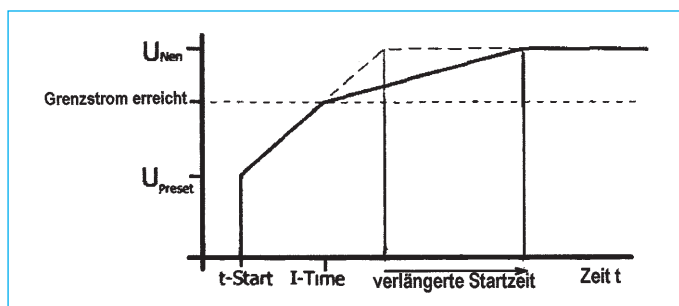
Der Erba-Frequenzumrichter cpc®, (constant pressure cooling) wurde von der Firma KIMO in enger Zusammenarbeit mit den Kältetechnikern entwickelt und erfüllt deshalb vorteilhaft die aktuellen Anforderungen. Bei Verwendung mit Dorin-Verdichtern liegt der nutzbare Frequenzbereich je nach Schmierungsart von 33 bzw. 50 % bis 120 %. Bei den niederen Drehzahlen profitiert man ohne weiteres Zutun

Daß die Geräte optimal für kälte- und klimatechnische Anwendungen konzipiert sind, zeigt sich auch in solchen Funktionen wie des automatischen Wiederanlaufes nach Netz- oder Anlagenstörungen und der zahlreich integrierten Überwachungsaufgaben.

Die Überwachung der Motortemperatur ist einbeziehbar und die serielle oder die Bus-Ankopplung mit anderen Systemen ist möglich. Und das Ganze dient letztlich einer wirtschaftlichen Reduzierung der Temperaturschwankungen an den Kühlstellen.

Der Sanftanlauf ist in die Geräte von KIMO einbezogen. Wenn man allerdings mehrere Verdichter in einer Anlage parallel betreibt, genügt meist die Frequenzstellung für die Grundlastmaschine, wenn man nicht, wie teilweise auch praktiziert, alle Maschinen parallel am gleichen Frequenzumrichter betreibt. Neben den Vor-

Bild 4 Spannungsverlauf bei strombegrenztem Anlauf mit dem VSB-Softstart-Gerät



teilen der günstigen Gesamtsteuerung ergäbe sich daraus natürlich die Verwendung eines Gerätes mit der entsprechenden Leistungsreserve, was die Anlage kostenmäßig höher belastet. Beim KIMO-System ist der Zweiverdichterbetrieb standardmäßig möglich, für drei Verdichter kann man bei Bedarf aufrüsten. Es wird allerdings vernünftigerweise empfohlen, den zweiten Verdichter mit einem Sanftanlaufgerät zu betreiben. Damit ist die Kostensituation günstiger, und so extrem unterschiedlich sind die Lastverhältnisse ja kaum, daß man beide oder gar alle drei Verdichter in die volle Leistungsregelung einbeziehen muß.

Für die Sanftanlaufaufgabe des zweiten Verdichters kommt dann z. B. ein Gerät von VSB in Frage, wie es von Theodor Pauli in Halfing (siehe KK 8/99 „Nur Huber, oder was?“) vorgestellt wurde. Diese Geräte ab 3 kW Leistungsbedarf bewähren sich überall, wo ein häufiger harter Anlauf von Motoren vermieden werden soll, und in der Kältetechnik liegt diese Bedingung vor. Dort haben sie sich ebenfalls schon vielfach bewährt.

Die Softstartgeräte erfüllen die technische Aufgabe, den Anlaufstrom auf ein gewünschtes Maß zu reduzieren. Deshalb treten sie zu Stern-Dreieck-Anlaßschaltungen in Wettbewerb. Dabei erweist sich bei den von Pauli dargestellten Kostenbeispielen der Softstart als die günstigere Variante. Man kann aber bei den hier zum Vergleich stehenden Verdichterleistungen davon ausgehen, daß ein Stern-Dreieck-Anlauf nicht praktiziert wird bzw. bei Anwendung ohne wesentlichen Vorteil bleibt, weil das Schwungmoment des Antriebes so gering ist, daß man infolge des Drehzahlabfalles bei Umschalten fast wieder den Direkteinschaltstrom bekommt. Anlaufentlastungen brauchte man ohnehin bei fast allen Anwendungen. Damit bietet sich der Softstart als die beste Lösung an, wenn man eine Maßnahme zur Stromreduzierung benötigt.

Im Wettbewerb zum Sanftanlauf steht auch noch der Teilwindungsstart, der sich aber als eine ähnliche Mogelpackung wie der Stern-Dreieck-Anlauf entpuppt. Man benötigt auch eine Anlaufentlastung, und man hat zwei Stromspitzen, nämlich beim zeitlich versetzten Zuschalten beider Wicklungen. Deshalb müßte man beide Wicklungen mit Sanftanlaufgeräten ausstatten. Deshalb ist es unbesehen besser, gleich den Softstart ohne Anlaufentlastung zu praktizieren.

Die dabei erreichte Reduzierung des Anlaufstromes verfolgt vor allem zwei Effekte:

- Die Spannungseinbrüche im elektrischen Netz sollen in Grenzen gehalten werden, um ein Flackern des Lichtes zu vermeiden oder um empfindliche elektrische Geräte, wie z. B. Computer oder elektronische Waagen und Kassen, vor Schäden zu bewahren. Bei der Supermarktkühlung muß man dies schon mit erwägen. Wichtig ist das vor allem bei schwachen Netzen oder gar bei Inselbetrieb, wie z. B. in der Transportkühlung oder Bahnklimatisierung. Ein wichtiger derartiger Anwendungsfall außerhalb der Kältetechnik ist z. B. der Betrieb von Motoren an Dieselgeneratoraggregaten bei Rundfunk- und Fernsehübertragungseinrichtungen mit dem Schwerpunkt von einphasigen Antrieben. Oder hängt da vielleicht auch manchmal gar ein bißchen Klimatechnik mit dran?
- Die Beanspruchung der Motorwicklungen, besonders der Wickelköpfe, beträgt beim Start ein mehrfaches des Normalbetriebes, in der Folge kann es deshalb zu Wicklungsschäden kommen. Allerdings kann man andererseits wiederum feststellen, daß die getränkten kältekreislaufbeständigen Wicklungen der Einbaumotoren

von Kältemittelverdichtern mit dieser Beanspruchung ohne Probleme fertig werden, aber bei offenen Antrieben gibt es mit dem Anlaufmoment schon erhebliche Beanspruchungen auf Kupplung oder Riemens. In erster Linie ist das wohl ein Argument für andre Antriebe als für die von Kältemittelverdichtern.

Also, der Softstart erweist sich auf vielfältige Weise als vorteilhaft. Und mit den zusätzlich angebotenen Funktionen ist es die technisch effektivste Lösung, den Verdichter mit ausreichend niedrigem Anlaufstrom zu starten. Die Geräte sind dazu sehr praktisch konfiguriert, indem man



Bild 5 Theodor Pauli erläutert den servicefreundlichen Halbleiter-Sixpack-Modul, den (fast) jedermann auf den Kühlkörper aufschrauben kann

die gewünschte Hochlauframpe hinsichtlich Stromstärke und Zeit von außen einstellen kann. Der eingestellte Anlaufstrom wird dann in keinem Fall überschritten, denn wenn die zulässige Stromstärke erreicht ist, wird die Spannungsrampe verlangsamt. Die Hochlaufzeit wird dadurch natürlich etwas verlängert.

Theodor Pauli sprach von der Erfahrung mit der früheren Generation der Softstarter, die immer erst beim Anwender eingestellt werden mußten, wobei die Kältetechniker manchmal Schwierigkeiten dabei hatten. Das hat VSB dazu veranlaßt, die Geräte mit der Werkseinstellung des zweifachen des Nennstromes auszulie-

fern. Wer mit dieser optimalen Einstellung zufrieden ist, braucht keinerlei Einstellungen mehr vorzunehmen. Nach Anschluß der Netz- und Motorenleiter kann gestartet werden, und der Verdichtermotor fährt über die vorprogrammierte Rampe hoch. Die individuelle Einstellbarkeit ist aber für andere vom Nutzer gewünschte Programme beibehalten worden.

Aus Anlaß der Präsentation dieser Technik beim HKT-Verdichter-Mittwoch in Halfing war dann auch das Beispiel mit einem Goeldner-Verdichter parat: Bei einem Anlauf unter Last kann der Anlaufstrom vom 7fachen des Nennwertes auf das 2,5fache reduziert werden, wenn man mit 4s Anlaufzeit zufrieden ist. Bei entlastetem Anlauf sinkt der Wert gar auf das 1,35fache, was ja aber aus den vorherigen Erwägungen meist entfallen kann.

Die Geräte ermöglichen weiterhin die für Kältemittelverdichter wichtige Phasenausfallüberwachung und können auch die Wiedereinschaltperre wirksam werden lassen, falls diese Funktion nicht schon in der normalen Verdichtersteuerung vorhanden ist.

Die pump-down-Steuerung der Kälteanlagen wird gewöhnlich durch einen Saugdruckpressostaten angesteuert. Für Fälle, in denen man diese Funktion aber zeitgesteuert ausführen kann bzw. muß, ist ein für die pump-down-Steuerung nutzbares Zeitrelais serienmäßig vorhanden, wodurch der Pressostat und seine Verdrahtung eingespart werden können.

Die neuen Geräte sind so konzipiert, daß sie im Notfall vor Ort durch jeden Elektriker repariert werden können. Für Leistungen bis 22 kW gibt es für die durch Stromspitzen am meisten gefährdete Halbleiter ein spezielles Modul, das nur auf den Kühlkörper aufgeschraubt werden muß und dann die hauptelektronik aufgesteckt bekommt. Anschlußfehler sind dabei nicht möglich.

Die VSB-Softstarter haben eine sehr geringe Verlustleistung von nur 3 W/A, so daß sie keine thermischen Schaltschrankprobleme mit sich bringen. Praktisch ist aber nach dem Hochlauf eine vorteilhafte Umschaltung vom Softstart-Regime auf Durchgang vorgesehen, so daß auch die geringe Verlustleistung entfällt und die Belastungszeit der Bauelemente wesentlich reduziert wird.

Als evtl. nachteilig kann sich der durch die Phasenanschnittsteuerung ergebende Oberwellenanteil für das Netz erweisen. Mit Blick auf die kurze Wirkungszeit des Hochlaufvorganges ist dieser Effekt aber unbedenklich, wie es auch in einer Einschätzung der ISAR-Amperwerke auf

Grund von konkreten Messungen an einem VSB-Softstarter mit Goeldner-Verdichter festgestellt werden konnte.

Diese dargestellten elektrotechnischen Gesichtspunkte der beiden für sich oder zusammen wirkenden Geräte bedürfen noch der Ergänzung aus Sicht der verwendeten Verdichter

● Die Drehzahlstellung nach unten ist absolut begrenzt durch den zunehmenden Ungleichförmigkeitsgrad der Kolbenverdichter und durch die Sicherheit der Ölversorgung. Beide Grenzen muß man sich

zahl zu finden. Der Öltransport über die Schleuderscheibe in die Welleneinlaufscheibe ist ein auch bei verhältnismäßig niedrigen Drehzahlen funktionierendes System.

● In gleicher Weise muß man beim Softstart die Zeit bis zum Einsetzen der Ölförderung genügend kurz halten, damit die Lager mit dem Restöl aus der vorhergehenden Laufperiode so lange problemlos überleben, bis die Drehzahl zur Ölförderung ausreicht. Bei der Vorprogrammierung der VSB-Geräte ist dies entsprechend

Grundsätze der EMV-gerechten Installation

1. Problemzone Motorkabel:

- unbedingt Verwendung geschirmter Kabel, Cu-Schirm (YCY) mit 85% Bedeckungsfaktor, Schirm beidseitig auflegen, bei großen Leistungen verzinkte Schutzrohre verwenden
- separate Kabelführung ohne Kaltleiter- oder Signalkabel
- Schutzleiter des Motorkabels muß innerhalb des Kabelschirmes verlaufen

2. Problemzone Schaltschrank:

- Montageplatte verzinkt, (keine lackierten Platten verwenden)
- EMV-Filter max. 30 cm von FU entfernt, sonst geschirmtes Kabel
- Unterteilung des Schrankes in „EMV-heiße“ und „kalte“ Zonen, Abstand >25 cm
- durch Prinzip der Sternpunktterdung wirkt die Montageplatte als niederohmiger Sternverteiler

3. Problemzone Kabelschirm:

- digitale Signalleitungen mit beidseitigem Schirm (auch Motorkabel)
- bei analogen Signalleitungen reicht einseitiges Auflegen im Schaltschrank in der Nähe des Sternverteilerpunktes (Signalkabel des Druckaufnehmers)
- Verwendung von großflächigen Rohrschellen, kein Verdrehen der Adern

4. Problemzone Fehlerstromschutzschalter

- Nach VDE 0160 (pr EN 50178) darf kein Fehlerstrom-Schutzschalter bei 3-phasigem Umrichterbetrieb verwendet werden! (Ausnahme: allstromsensitive FI)

Grundsätze einer EMV-gerechten Installation

vom Verdichterhersteller besorgen, bevor man an die Verwirklichung der Leistungsregelung und des Softstartes geht. Für die DORIN-Verdichter konnte Michael Trauer die gültigen Werte angeben.

Besondere Aufmerksamkeit muß man diesem Punkt bei Hermetikverdichtern mit senkrechter Welle widmen, da die Ölförderhöhe mit dem Quadrat der abnehmenden Winkelgeschwindigkeit abnimmt. Damit erreicht man ganz schnell die zulässige Untergrenze der Drehzahl, bei der das Hauptlager ohne Öl bleibt und durch Fresen zerstört wird.

Im Vergleich dazu ist bei Verdichtern mit horizontaler Welle und Schleuderschmierung die Grenze, wie z. B. bei den DORIN-Verdichtern, bei niedrigerer Dreh-

berücksichtigt. In der Kombination von Softstart und Frequenzregelung sollte man deshalb immer erst bis zur Nenndrehzahl hochfahren, bevor man in den Regelmodus übergeht.

● Bei den Drehkolbenverdichtern ist die zulässige untere Drehzahl noch von anderen Kriterien abhängig. Das sind die innere Dichtheit, die mit abnehmender Drehzahl relativ immer mehr ins Gewicht fällt und deshalb den Gütegrad verschlechtert. Bei den Schraubenverdichtern heißt das konkret, daß bei Klimabedingungen schon bei ca. 10 % der Nenndrehzahl nichts mehr gefördert wird, bei größeren Druckverhältnissen nimmt der Grenzwert zu. Deshalb muß man sich überlegen, ob bei starker Drehzahlabenkung der COP-Gewinn aus der Drehzahlabenkung nicht durch den Undichtheitsverlust aufgebraucht wird. Bei den Scrollverdichtern verhält es sich ähnlich, wobei bei den Compliant-Typen keine wesentliche Absenkung möglich ist,

weil die aus der Drehzahl resultierende Fliehkraft den Dichtspalt bestimmt.

Bei Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte wird man mit seiner Anlage zufrieden sein. Ansonsten müßte man sich wundern, daß die Verdichter, die bisher direkt am Netz gestartet und betrieben wurden und dabei zuverlässig gearbeitet haben, nun plötzlich nicht mehr so wollen. Die neuen und günstigen Möglichkeiten der Start- und Betriebselektronik kämen dadurch ganz unschuldig schnell in Verruf.

Abschließend soll noch auf das brisante Thema der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) hingewiesen werden. Weil die Problematik selbst für Fachleute der Elektrotechnik und erst recht für Kältetechniker nicht so einfach zu beherrschen ist, aber überall wo Elektronik im Spiele ist, eine herausragende Rolle spielt, beschäftigten sich sowohl Michael Trauer als auch Theodor Pauli ausführlich damit. Für die hier vorgestellten Geräte gilt, daß diese sowohl passiv als auch aktiv EMV-fest sind. Das ist wichtig, damit von außen keine Fehlschaltungen veranlaßt werden können, und damit die Geräte selbst in ihrer elektrotechnischen Umgebung nicht

störend wirken. Das ganze Feld der EMV-Problematik in kältetechnischen Steuerungen wurde von Trauer in einer Übersicht zusammengefaßt, s. 2. blauen Kästen.

Diese Thematik darf, wie die Praxis so manchen Verdichterantriebes zeigt, keinesfalls unterschätzt werden. Die von außen kommenden unerwünschten EMV-Signale können zu einer Schalthäufigkeit führen, die den Verdichter bald sein Leben aushauchen lassen. Besonders brisant ist die Sache dann, wenn der Start gleich wieder nach dem unbeabsichtigten Einschalten passiert, d. h. ohne Druckentlastung, und dann das Startmoment nicht ausreicht, was aus unterschiedlichen Gründen gegeben sein kann. Man braucht dann auf den durchgebrannten Motor nicht lange zu warten, besonders bei Motoren ohne thermischen Wicklungsschutz. Daß dies nicht passiert, wenn man die hier vorgestellten Geräte für die Frequenzumwandlung und den Softstart benutzt, ist ein wesentlicher Anwendungsgesichtspunkt.

Der Autor bedankt sich bei den beiden Vortragenden, die ihm mit ihren technisch und wirtschaftlich interessanten Vorträ-

gen zu diesen Zeilen veranlaßten. Damit ergab sich die Möglichkeit, mit darüber hinausgehenden und verbindenden Gedanken die weitere erfolgreiche Verbreitung der Frequenzwandlerantriebe und Softstartgeräte zu befördern.

Die Anbieter solcher Technik dürfen sich aber auch nicht der Entwicklungstendenz verschließen, daß immer mehr integrierte Regelungssysteme entwickelt und verwendet werden, die außer dem Kühlstellenregler alle anderen Funktionen mit beinhalten, d. h. Überwachung, Diagnose, Sicherheit und eben auch Softstart und Frequenzumformung. Nur so wird eine zukunftssträchtige Lösung aussehen. Aber zunächst ist das aus wirtschaftlichen Gründen nur für wenige Anlagen großer Leistung Wirklichkeit, so daß der hier betrachtete Leistungsbereich der Gewerbelühlung und der Kleinklimatechnik noch geraume Zeit mit den Einzelkomponenten arbeiten wird. Und es darf auch nicht vergessen werden, daß viele Anlagen, die aus dieser Technik Vorteile ziehen könnten, noch gar nicht davon Notiz genommen haben. Es gibt also auch noch einen Nachholbedarf. □